

■ 論 文 ■

유비쿼터스 교통 환경하에서 교통류 관리구상

Traffic Flow Management under Ubiquitous Transportation System Environments

박 은 미

(목원대학교 도시공학과 부교수)

목 차

- | | |
|---------------------------|---------------|
| I. 서론 | 1. 시스템 구상 |
| II. 유비쿼터스 교통체계 개념과 차별성 | 2. 교통류 관리 목표 |
| III. 유비쿼터스 교통체계 관련 연구동향 | 3. 알고리즘 |
| IV. 교통류 안정성과 교통류 관리 | VI. 결론 및 향후과제 |
| V. u-T 시스템 환경하의 교통류 관리 구상 | 참고문헌 |

Key Words : 교통류 관리, 교통류 안정성, 유비쿼터스 교통체계, 차량군 제어, 교통류 밀도 관리
Traffic Flow Management, Traffic Stability, Ubiquitous Transportation, Traffic Platoon Control, Traffic Density Control

요 약

교통류의 안정성을 깨지 않음과 동시에 생산성을 저하시키지 않는 적절한 교통류 관리 방안이 필요하다. 지금까지 지 기존 지능형교통시스템(ITS: Intelligent Transportation System)에 의한 교통류관리에서는, 이러한 개념의 교통류 관리 방안을 명시적으로 다루지 못하였다. u-T(Ubiquitous Transportation) 시스템 환경 하에서, 개별차량 위치, 속도 등 미세한 데이터 수집이 가능해 지며, 이러한 개별차량 위치 데이터에 의해 기존 ITS 환경에서는 수집 불가능했던 밀도 산정이 가능해 진다. 또한 V2I(Vehicle-to-Infra), V2V (Vehicle-to-Vehicle) 등 양방향 통신이 가능해 짐에 따라 개별차량 혹은 차량군 단위의 미세 제어와 개별차량 단위의 미세 대응이 가능해 진다. 본 논문에서는, 이러한 u-T의 수집 데이터와 통신환경을 기반으로, 교통류가 불안정해 사고 잠재력이 커지고 결국 교통류가 와해되어 생산성이 저하되는 것을 예방하는 예방차원의 교통류 관리 방안을 제시하였다. 이것을 실현하기 위한 적정 속도, 적정 차두간격을 그린필드 모형에 기반하여 산정하였는데, 제반 교통류 모형을 비교 평가하여 적정 모형을 선택하는 연구도 향후 수행되어야 할 것으로 판단된다.

It is crucial in traffic flow management to maintain productivity and the traffic stability at the same time especially under congested traffic conditions. This issue has not been explicitly addressed under the intelligent transportation system environments. However, the ubiquitous transportation system environments make it possible to collect the data for each vehicle's position and velocity and to perform more sophisticated traffic flow management at individual vehicle or platoon level through V2V and V2I communications.

In this paper, a preventive traffic flow management scheme is proposed, in which the objective is to maintain traffic flow stability while the productivity of the system is not decreased. The management scheme is proposed based on Greenshield's model because it is simple and easy to handle. It is considered that further research should be performed to evaluate the various traffic flow models.

본 연구는 2007년도 건설교통부의 국가교통핵심기술개발사업의 지원으로 수행되었음. 본 연구 결과는 저자의 의견으로, 향후 변경될 수 있음.

I. 서론

교통류 관리에는 안전(Safety)과 생산성(Throughput)의 두 가지 이슈가 있다. 통상, 안전과 생산성의 문제는, 생산성을 위해 안전을 양보하거나 안전을 위해 생산성을 낮추는 것과 같이 서로 상쇄(Trade-off)관계에 있는 것으로 인식된다. 그러나 교통류가 임계밀도(critical density, LOS E)상태에 가까워지면 안전과 생산성의 문제는 서로 상쇄관계에 있지 않다. 교통류가 임계 상태에 가까워 불안정해지면, 사고의 잠재력과 와해(Breakdown)의 위험이 커지고, 와해가 될 경우 용량감소(Capacity Drop)가 발생하여 생산성이 감소된다. 이런 경우 교통류의 안정성을 유지하는 것이, 안전은 물론 생산성의 저하를 막는 win-win이 된다. 그러나 이때, 적절히 못한 교통류 관리가 시행될 경우, 안전을 위해 생산성이 혹은 생산성을 위해 안전이 희생되는 상쇄관계가 될 수도 있다.

이러한 맥락에서, 교통류의 안정성을 깨지 않음과 동시에 생산성을 저하시키지 않는 적절한 교통류 관리 방안을 찾는 것이 필요하다. 지금까지 기존 지능형교통시스템(ITS)에 의한 교통류관리에서는, 이러한 개념의 교통류 관리 방안을 명시적으로 다루지 못하였다. 교통류의 안정성이 깨져 와해로 이어지는 문제는 확률적인 문제로서, 용량을 와해확률과 연계하여 정의한 선행연구도 있다^{1,2)}.

기존 ITS 환경에서는 확률적인 와해의 발생을 정교하게 감지하는 것이 불가능하고, 와해를 유발 하지 않도록 안정성을 유지하는 정교한 교통관리도 불가능했다.

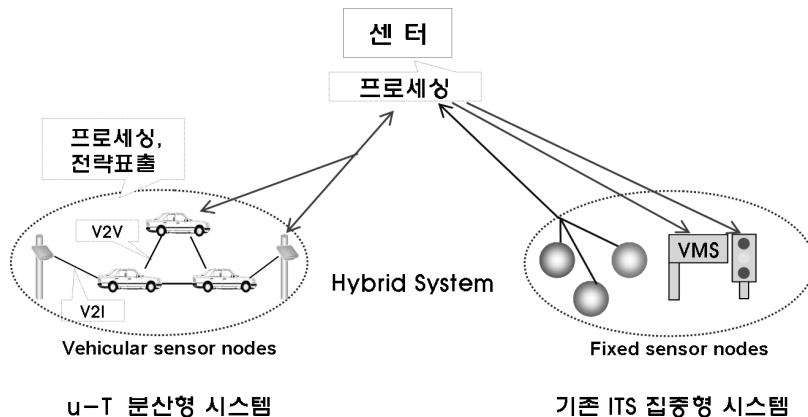
그 외 기존 ITS의 한 분야인 AVHS(Advanced Vehicle Highway System)의 무인자동운전시스템에

서 안정성의 문제를 명시적으로 다루고 있으나, 이는 앞뒤차간의 차량추종에 대한 안정성 문제로서 개별 차량의 감속 능력과 운전자반응시간과 연관시켜 다루고 있다³⁾. 개별차량간의 차량군 안정성 측면에서만 접근하기 보다는 거시적으로 교통류의 안정성 문제를 다루는 것이 필요하다.

유비쿼터스 교통체계(u-T System: Ubiquitous Transportation System) 환경에서는 밀도, 위치 등 세밀한 데이터 수집에 가능해 진다. 본 논문에서는, 이러한 데이터를 기반으로 유비쿼터스 교통 환경에서의 교통류 관리 방안에 대하여 제시하도록 한다. u-T 환경에서는, 교통류가 불안정해 사고 잠재력이 커지고 결국 교통류가 와해되어 생산성이 저하되는 것을 예방하는 예방차원의 제어가 가능하며, 이것을 실현하기 위한 적정 속도, 차두간격 등에 대하여 교통공학적 해법을 제시하도록 한다. 본 논문의 구성은, II장에서는 u-T에 대하여 소개하고 ITS와의 차별성을 제시하도록 하며, III장에서는 u-T 관련 연구개발동향을 설명한다. IV장에서는 교통류안정성과 교통관리의 개념에 대하여 설명하고, 이를 토대로 V장에서는 Controller Design과 시스템 구상을 제시하도록 한다.

II. 유비쿼터스 교통체계(u-T System) 개념과 차별성

강연수 등(2005년)은 유비쿼터스 교통을, 유비쿼터스 환경하에서 여행자, 교통시설, 교통수단이 실시간으로 네트워킹하여 (상태인식 및 인과관계 정보가 분석되어) 안전성과 이동성에 기여하는 인간 중심의 미래형 교통서비스



〈그림 1〉 u-T system 혼합형 체계

및 시스템을 제공하는 신 교통공간으로 정의하고 있다⁴⁾.

유비쿼터스 교통체계란, 유비쿼터스 교통 센서 네트워크(uTSN: Ubiquitous Transportation Sensor Network)로 이루어지는 새로운 개념의 교통시스템이다. 이 유비쿼터스 교통 센서네트워크에서는, 교통체계 구성요소인 여행자, 교통수단, 각종 시설물 등이 ad-hoc 네트워크로 구성되어 교통정보수집, 구성요소간 정보교환, 센터에서 가공된 정보전달 등이 이루어지게 된다.

기존 ITS는 센터에 기능이 집중되어 있는 중앙집중식 체계(Centralized system)인데 반하여, u-T 시스템은 센터에서의 전략구사와 개별차량의 대응이 동시에 이루어지는 혼합형 체계 (Hybrid System)이라 할 수 있다 (<그림 1> 참고). u-T 시스템 초기단계에는 센터 전략구사에 많은 부분 의존하나, 향후에는 개별차량 대응으로 무게중심이 옮겨질 것으로 전망된다. 따라서 데이터 프로세싱과 대응전략 구사에 있어, 기존 센터에 집중되어 있던 기능에 대하여 센터와 개별차량의 역할분담을 정의하는 것이 필요하고, 이에 맞춘 연구개발이 필요하다.

u-T 시스템 환경 하에서 기존 ITS와 비교할 때 다음과 같은 점이 가능해 지며, 본 논문에서는 이러한 것들을 활용한 교통관리 방안을 제시하도록 한다.

1. 개별차량 위치, 속도 등 미세한 데이터 수집이 가능해 진다. 개별차량 위치 데이터에 의해 기존 ITS 환경에서는 수집 불가능했던 밀도 산정이 가능해 진다.
2. V2I(Vehicle-to-Infra), V2V(Vehicle-to-Vehicle) 등 양방 통신이 가능해 짐에 따라 개별차량 혹은 차량군 단위의 미세 제어와 개별차량 단위의 미세 대응이 가능해 진다.
3. 또한 이러한 양방향 통신을 통하여, 각 운전자의 의사결정 결과를 센터에서 모니터링하여 Coordination 하는 것이 가능해 진다. 따라서 이러한 Coordination 전략에 대한 연구개발이 필요하다. 기존 ITS 체계에서는 각 운전자의 의사결정을 알 수 없기 때문에 교통정보에 대한 과도반응과 통행 집중의 문제를 극복하기 어려웠으나, u-T 환경 하에서는 시스템 최적 달성이 가능해 질 것으로 전망된다.

III. 유비쿼터스 교통체계 관련 연구개발 동향

미국과 유럽 등 선진국에서도 유비쿼터스 교통체계는

대동기에 있으며, 이와 관련하여 VSN(Vehicular Sensor Network) 혹은 VANET(Vehicular Ad-Hoc Network)이라는 주제로 연구개발이 활발히 진행 중이다. 미국에서 진행 중인 프로젝트로 CarNet, Autonet, TrafficView 등이 있다^{5,6,7)}. 유럽에서는 EU 주관으로 Inter-vehicle Hazard Warning, CarTALK 2000 등이 있었고 현재 PReVENT WILLREN이 진행 중이다⁸⁾. 독일에서는 FleetNet 이 있었고, 현재는 NOW가 진행중이다⁹⁾. 이들의 주 개발 목표는 차량간(V2V) 혹은 차량과 인프라(V2I)와의 통신을 통하여 차량의 충돌방지 등 안전을 증진시킨다는 것에 있으며, 이러한 맥락에서 이들의 VSC (Vehicle Safety Communication) 이라는 범주로 통칭한다. 또한 이러한 목표를 달성하기 위한 통신의 요구사항, 라우팅문제 등 기술적 과제를 놓고 연구개발이 이루어지고 있다. 현재는 이러한 연구개발에, 자동차회사 주축이 되어 기술적 과제를 해결하는데 초점이 맞추어져 있고, 교통측면에서의 활용(Application) 방안이 다각적으로 모색되고 있지 못하다고 보여진다.

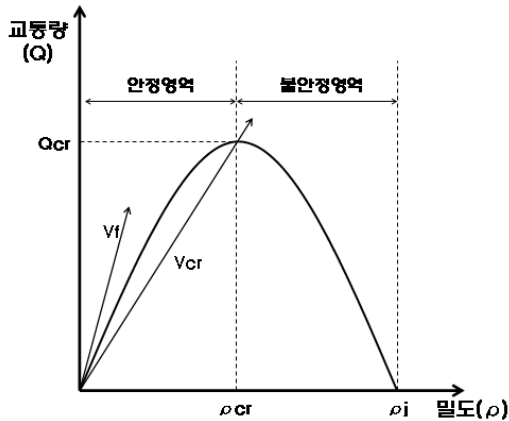
IV. 교통류 안정성(Traffic Flow Stability)과 교통류 관리

교통류 안정성은 안전과 생산성의 두 가지 측면에 영향을 미치며, 교통류 안정성 유지는 교통류 관리에서 가장 중요한 이슈임을 앞서 제기한 바 있다. 그러나 현재 ITS 환경 하에서는, 이러한 교통류 안정성 유지를 거시적 교통류 관리 측면보다는 개별차량간의 차량군 안정성 측면에서 밖에 다룰 수 없는 한계가 있었다. 본 논문에서는 미세한 데이터 수집, V2I, V2V 양방통신 등 u-T 시스템의 특성을 살려, 교통류 안정성 유지를 위한 교통 관리 방안을 제시하도록 하며, 이하에서는 우선 그 개념에 대하여 설명하도록 한다.

교통류 안정성은, 주로 차량추종모형에서 운전자 반응 시간 및 차량의 감가속 능력과 연관시켜 다루어 왔다. 이때, 운전자의 반응시간, 차량의 감가속 능력 등의 한계는 불안정성을 유발하고 사고발생에 영향을 미친다. 실제 운전자의 주행데이터를 가지고 분석해 본 결과, 운전자는 불안정한 교통류를 유발한다는 것을 보여준 선행연구사례도 있다¹⁰⁾. 따라서 운전자의 잘못된 대응/선택에 의해 발생하는 사고를 예방하기 위해, 상황을 보다 거시적으로 판단하여 최적의 선택을 운전자에게 알려주는 시스템을 통하여 교통류의 안정성을 유지하는 것이 필요하다.

따라서 미시적으로 개별차량과의 관계에서 주로 다루어졌던 교통류 안정성을 보다 거시적으로 교통류 관리 측면에서 다룰 필요가 있다. 거시적 측면에서 교통류의 안정성은, 교통흐름에 교란(Flow Disturbance)이 있을 때 잠시 후 예전의 상태로 돌아오면 안정, 그렇지 못하고 교란이 증폭되고 상류부로 전파되어 가면 불안정하다고 판단된다^{10,11)}. 즉 교통류의 안정성은 교통흐름의 변화에 대하여 밀도와 속도의 변화 반응으로 설명될 수 있다¹²⁾.

이러한 교통류의 안정성을 교통류이론의 Fundamental Diagram 상에서 설명할 수 있다. 만일 교통량이 증가할 때 밀도도 증가하면, 이때 교통류는 안정성이 있다고 말한다. 즉 <그림 2>의 교통량-밀도 곡선에서 기울기($\partial Q/\partial \rho$)는 교통류 안정성을 나타낸다. 기울기가 양일 때, 작은



<그림 2> 교통량-밀도 곡선과 교통류 안정성

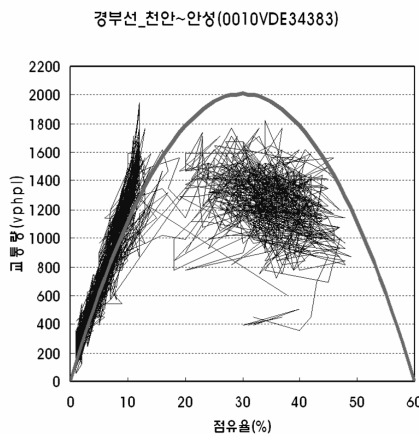
밀도 교란은 증폭되거나 후방으로 전파되지 않고, 전방으로 이동한다. 교통류 상황을 항상 이 안정성 조건을 만족하도록 제어할 수 있다면, 안전과 생산성의 두 목표를 달성할 수 있다.

<그림 3>(a)는 경부고속도로 천안과 안성 사이 한 지점의 30초 검지기 데이터와 그린필드의 교통량-점유율 곡선을 비교한 그림이다.

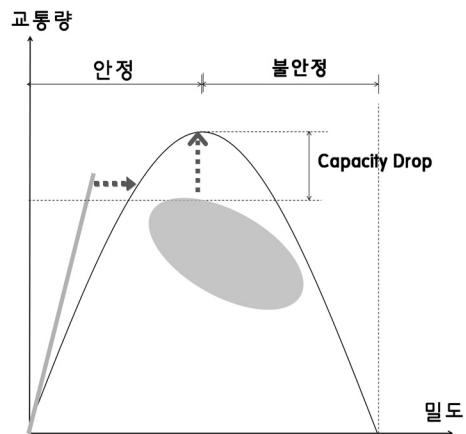
아직까지 수집된 밀도데이터가 존재하지 않아, 제안하는 교통류 관리 방안의 개념을 점유율 곡선에 의존하여 설명하도록 한다. 검지기가 위치한 구간은 용량감소 요인이 거의 없는 이상적 조건에 가까운 구간으로서, 그린필드 곡선의 용량 2000 vphpl로 가정하였다. 검지기 데이터는 운전자 행태에 의해 형성되는 데이터로서, 임계밀도에 이르기 전에 불안정해지고 와해도 일어나는 것을 보여주고 있다. 또한 와해가 일어나면 용량감소(Capacity Drop)도 일어나고 있다. 즉 그린필드 곡선에 비하여, 실제 데이터에서는 교통류 안정성을 유지하는 영역이 적고 생산성(Throughput)도 용량에 훨씬 못 미침을 보여주고 있다. <그림 3>(b)는 이를 도식화시킨 그림으로서 빨간 점선 화살표는 교통류관리를 통하여 그린필드 곡선으로 근접시키야 할 것을 나타낸다.

V. u-T 시스템 환경하의 교통류 관리 구상

본 장에서는 제III장에서 설명한 교통류 관리 방안을 토대로 제어 알고리즘과 시스템 구상을 제시하도록 한다.



(a)



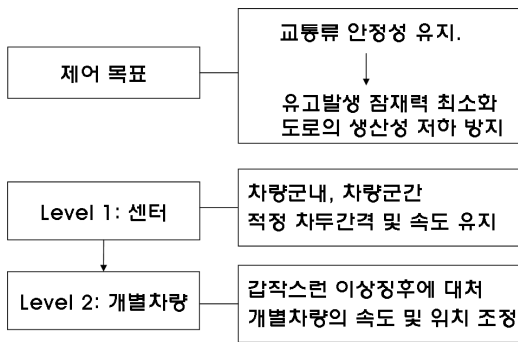
(b)

<그림 3> 검지기 데이터와 그린필드 가상 곡선

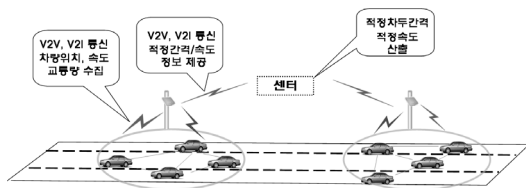
1. 시스템 구성

시스템의 목표와, 이 목표 달성을 위한 센터에서의 거시대응과 개별차량의 미시대응으로 나뉘는 Hierarchical 시스템을 <그림 4>에 도식화시켜 제시하였다.

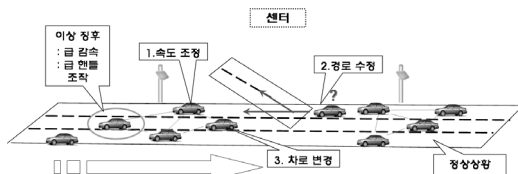
센터 차원에서 교통상황을 종합적으로 판단하여 V2I, V2V 통신을 통하여 적정속도 및 적정 차두 간격을 개별 차량에 전달하는 것이 거시대응이다 (<그림 5> 참고). 그리고 개별차량 단위에서 V2V 통신을 통하여 갑작스런 이상징후를 감지하고 이에 대한 대응을 하는 것이 미시대응이다 (<그림 6> 참고).



<그림 4> Hierarchical 교통류 관리



<그림 5> 센터 차원에서의 거시대응



<그림 6> 개별차량단위 미시대응

2. 교통류 관리 목표

운전자의 부정확한 상황인식과 판단으로 인한 교통류

의 불안정성 유발, 이로 인한 와해 및 용량감소 문제를 방지하기 위해, 교통류 안정성 유지를 교통류 관리 목표로 한다. 교통류 안정성 유지를 위해, 적절한

밀도를 유지하며 그에 합당한 적정 속도를 유지하도록 한다. 적정 밀도와 적정 속도를 유지하도록 함으로써, 교통류 안정성이 유지되고 사고의 잠재력 최소화 와 생산성 극대화를 달성하도록 한다.

3. 알고리즘

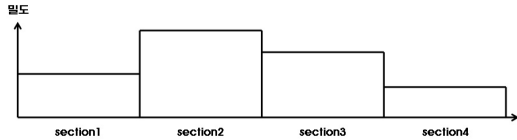
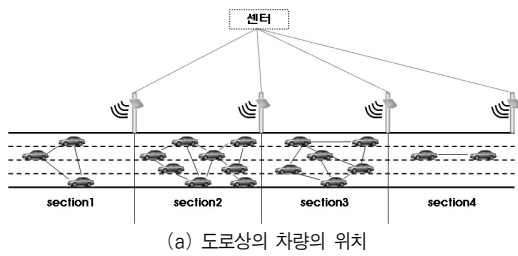
본 절에서는 이러한 교통량 변화에 따라 안정성을 유지하기 위한 밀도와 속도 조절 알고리즘에 대하여 제시하도록 한다. 그 알고리즘 단계는 다음과 같고, 이하에서는 단계별로 설명하도록 한다

- Level 1: 단계 1. V2I 및 V2V 통신을 통하여 개별 차량의 위치 및 속도 파악
- 단계 2. 개별차량의 위치 데이터에 의한 밀도 프로파일 작성
- 단계 3. 구간별 교통류 안정성 모니터링
- 단계 4-1. 구간별 속도 조절을 통한 밀도 균일화
- 단계 4-2. 적정 밀도와 적정 속도 산정
- 단계 5. V2I, V2V 통신을 통하여, 적정 차두간격/속도 혹은 속도조절 메시지 전달
- Level 2: 단계 6. 예측치 못한 이상징후에 대한 개별 차량 단위 미세 조정

• 단계 1. V2I 및 V2V 통신을 통하여 개별차량 위치, 속도(V), 교통량(Q) 파악

• 단계 2. 개별차량의 위치 데이터에 의한 밀도 프로파일 작성

u-T 환경에서는 V2I, V2V 통신을 통하여 개별차량의 위치와 속도의 파악이 가능하다. <그림 7>(a)는 이러한 통신을 통하여 구간별로 차량의 위치를 파악한 예이다. 이 경우 각 구간의 밀도(ρ)는 차량대수/구간길이 라는 단순 공식을 통해 도출이 가능하다. 이렇게 도출된 구간별 밀도(ρ)를 가지고 <그림 7>(b)와 같이 밀도 프로파일을 작성할 수 있다.



〈그림 7〉 구간별 밀도 프로파일 산정

• 단계 3. 구간별 교통류 안정성 모니터링

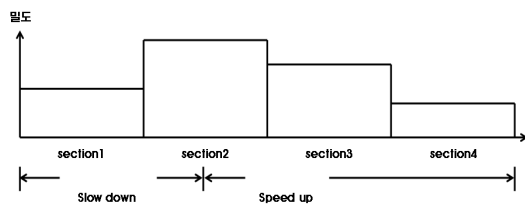
제Ⅲ장에서 제시한 교통류 안정성 평가기준에 따라, 시간대별 교통량 변화량(ΔQ)과 밀도변화량(Δρ)의 비 즉 ΔQ/Δρ 값을 모니터링 한다.

If ΔQ/Δρ > 0, 즉 교통류가 안정성이 유지되고 있으면, Go To 단계 4-1.

If ΔQ/Δρ 이 0에 접근하면, 즉 교통류가 임계상황에 가까워지고 있으면, Go To 단계 4-2.

• 단계 4-1. 구간별 속도 조절을 통한 밀도 균일화

〈그림 8〉과 같이 구간별 밀도를 균일화하는 속도 조절 (Speed up 혹은 Slow down)을 하도록 한다. 즉 상류부에 비해 하류부의 밀도가 낮은 경우 'Speed up', 그 반대인 경우 'Slow down'의 권고 메시지를 V2I 통신을 통해 보내도록 한다.



• 단계 4-2. 적정 밀도와 적정 속도 산정

그린필드 모형에 기반하여, 적정 밀도와 속도를 산정 한다. 평형상태의 차두간격(h)을 교통류 안정성을 유지 하는 적정 차두간격(h)으로 한다.

$$\rho = \rho_j (1 - \frac{V}{V_f})$$

where, ρ_j = Jam Density
 V_f = 자유속도

$$h = \frac{1}{\rho} = \frac{1}{\rho_j (1 - \frac{V}{V_f})}$$

교통류가 임계 상태에 이르게 되면, 임계밀도(ρ_{cr})에 되도록 가깝게 유지되도록 해야 한다. 그린필드 모형에서 ρ_{cr} 는 다음과 같이 계산된다.

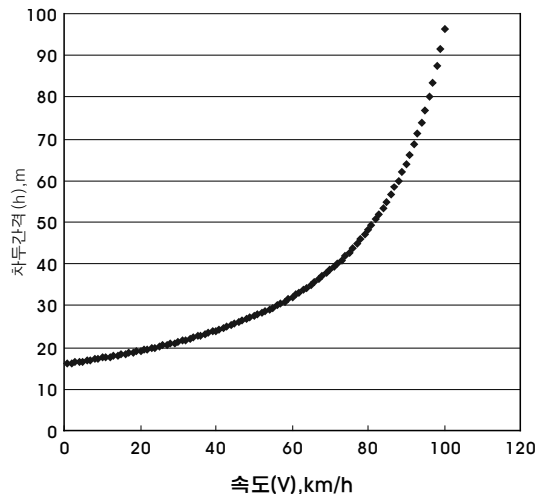
$$\rho_{cr} = \frac{1}{2} \rho_j$$

임계밀도 근처에서 유지되도록 할 때, 유지되어야 할 적정속도와 차두간격은 다음과 같다.

$$V_{cr} = V_f (1 - \frac{\rho_{cr}}{\rho_j}) = \frac{1}{2} V_f$$

$$h = \frac{1}{\rho_{cr}}$$

이때, ρ_j (즉 jam 상태에서의 차간격, 평균차량길이)와 자유속도를 적절히 가정하여 임계밀도를 산정할 수 있다. 〈그림 9〉는 평균차량길이 5m, 최소 차간격 3m, 자유속도 120 kph를 가정했을 때, 적정속도와 차



〈그림 9〉 적정 차두간격과 속도관계

두간격의 관계를 나타낸 그래프이다. 참고로 차량길이 5m, 최소차간격 3m를 가정하면, ρ_j 는 62.4 vpk 가 된다.

• 단계 5. V2I, V2V 통신을 통하여 개별차량에 메시지 전달

앞서 <그림 5>에서 제시한 바와 같이, V2I, V2V 통신을 통하여 적정 차두간격/속도 혹은 속도조절(Speed up or Slow down) 메시지를 개별차량에 전달하도록 한다

• 단계 6. 예측치 못한 이상징후에 대한 개별차량 단위 미세 조정

앞서 <그림 6>에서 제시한 바와 같이, 앞차량의 급브레이크 등의 상황에 차로변경, 차두간격 조정 등 개별차량 단위의 대응을 하도록 한다.

V. 결론 및 향후과제

u-T 환경에서 밀도를 지표로 한 새로운 개념의 교통류 관리를 제안하였다. 기존 ITS의 한 분야인 AVHS의 일환으로 군집주행에 대한 선행연구들이 있으나, 이는 차량 자동주행에 필요한 성능에 초점이 맞추어져 있다. 본 논문에서는 교통류 안정성을 보다 거시적 개념으로 확대하여 제시하고 이를 유지하는 것의 필요성, 그리고 방안을 제안하였다.

아직 여건성숙이 이루어지지 않아 시물레이션이나 현장 실험을 본 연구에서는 제시하지 못하였다. 본 연구는 아직 진행 중인 연구개발과제로, 향후 테스트 베드도 만들어질 예정이며, u-T 환경의 상황을 모사할 수 있는 시물레이션 프로그램 개발도 별도의 과제로 진행 중이다. 본 연구에서는 개념과 방법론을 제안하는 데 중점을 두었고, 방법론에 대한 검증은 향후과제로 남겨두었다. 제안된 밀도기반 교통류 관리 목표를 달성하기 위해서는 V2V, V2I 통신, 네트워크 등에 관한 기술적 요구사항들이 있으며, 이 부분에 대한 구체적 제시도 또한 향후과제로 남겨두었다.

또한 본 논문에서는 그린필드 모형에 기반하여 적정 속도와 차두간격 산정을 제안하였다. 초기단계의 연구로서 개념을 표현하고 계산에 용이한 그린필드 모형을 선택하였다. 그러나 향후 제반 교통류 모형을 비교 평가하여 적정 모형을 선택하는 것도 연구되어야 할 것이다.

참고문헌

1. M. Lorenz and L. Elefteriadou, "A Probabilistic Approach to Defining Freeway Capacity and Breakdown", Transportation Research Circular E-C018, 4th International Symposium on Highway Capacity.
2. L. Elefteriadou, and et. al.(1995), "Probabilistic Nature of Breakdown at Freeway Merge Junctions", Transportation Research Record 1484.
3. S.B. Chung, and et. al., "Development of a Risk Evaluation Model for Rear End Collisions Considering the Variability of Reaction Time and Sensitivity", Journal of EASTS Vol 6, pp.3603~3616, 2005
4. 강연수·오철·김범일, 유비쿼터스 환경에서의 교통 부문 여건변화분석 및 대응전략개발 연구, 연구총서 2005-13, 한국교통연구원.
5. R. Morris and et al.(2000), CarNet: A Scalable Ad-Hoc Wireless Network System, 9th ACM SIGOPS European Workshop.
6. M.G. McNally and et. al., Autonet: An Ad hoc Peer-to-Peer Information Technology for Traffic Networks, www.its.uci.edu/~mcnally/mgm-autonet.html
7. T. Nadeem, and et. al., TrafficView: Towards a Scalable Traffic Monitoring System, ww.cs.umd.edu/Library/TRs/CS-TR-4530/CS-TR-4530.pdf
8. M. Schulze, Workshop Vehicle Safety Communication, ww.itsforumgr.jp/Public/E4Meetings/P04/3.1_Schulze_VSC_050531.pdf
9. W. J. Franz, and et. al, Internet on the Road via Inter-Vehicle Communications, www.et2.tu-harburg.de/fleetnet/pdf/GI_WShop_FleetNet.pdf
10. J. Zhou and H. Peng, "Range Policy of Adaptive Cruise Control Vehicles for Improved Flow Stability and String Stability", IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems,

- T-ITS-04-03-0035.R2.
11. S. Darbha and K. Rajagopal, "Intelligent Cruise Control Systems and Traffic Flow Stability", UCB-ITS-PRR-98-36, University of California, Berkeley.
12. X. Zou(2001), "Simulation and Analysis of Mixed Adaptive Cruise Control/Manual Traffic", Master's Thesis, University of Minnesota.

☞ 주 작성자 : 박은미
 ☞ 교신저자 : 박은미
 ☞ 논문투고일 : 2008. 2. 11
 ☞ 논문심사일 : 2008. 4. 16 (1차)
 2008. 5. 7 (2차)
 ☞ 심사관정일 : 2008. 5. 7
 ☞ 반론접수기한 : 2008. 10. 31
 ☞ 3인 익명 심사필
 ☞ 1인 abstract 교정필